

NN31545.0751

BIJDRAGE TOT HET GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK MET
BEHULP VAN EEN KWEL- EN INZIJGINGSBEREKENING
IN HET GEBIED VAN DE ASTENSE Aa

H.J. Moen en ir J. Bon

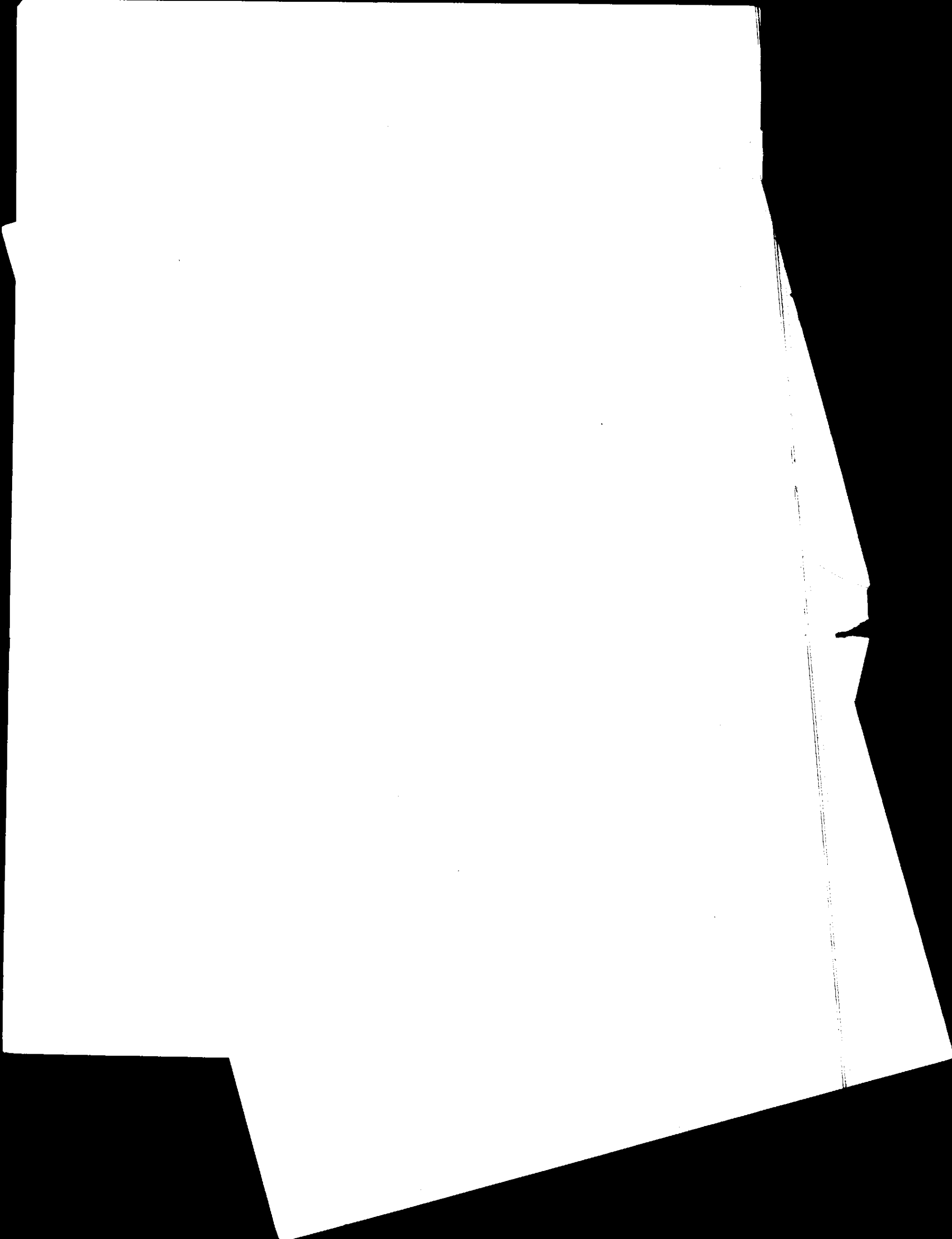
BIBLIOTHEEK
STARRINGGEBOUW

VI.
b
c.
VII. SAM
VIII. LITE

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publicaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking



J. J. J. J.



I. INLEIDING

Het onderzoek, besproken in deze nota, is uitgevoerd met gegevens van het hydrologisch onderzoek van de Werkgroep Panheel voor het gebied van de ruilverkaveling Astense Aa, ten zuiden van Deurne, N.B.

De werkgroep Panheel bestudeert het effect van waterinlaat en -infiltratie, ten behoeve van de landbouw, rekening houdende met de grondwateronttrekking en waterkwaliteit.

Gegevens van ondiepe en diepe grondwaterstanden en debietmetingen in de waterlopen werden door de Cultuurtechnische Dienst en het Waterschap de Aa verzameld. Deze gegevens gaven aanleiding tot een eigen onderzoek naar de diepe grondwaterstroming door middel van een kwel- en inzijgingsberekening.

II. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek behelst een indruk te geven van het stromingsbeeld en -intensiteit van het diepe grondwater, door middel van een kwel- en inzijgingsberekening. Doordat ten noorden van de Astense Aa op meerdere plaatsen inzijging was geconstateerd en ten zuiden van de Astense Aa voornamelijk kwel, was de aanleiding aanwezig, het kwelbeeld nader te bestuderen.

De kwel wordt berekend met behulp van kD-waarden en isohypsen van het diepe grondwater. De berekening levert waarden van netto ondergrondse in- en uitstroming per oppervlakte-eenheid. Deze waarde levert de kwel- respectievelijk de inzijgingsintensiteit. De berekende kwel kan worden gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van de geconstateerde positieve of negatieve kwel en de bekendheid van de exacte ligging van geologische storingen. Correcties van de kwelwaarden betekenen, dat wijzigingen van de kD-waarden en isohypsen van het diepe grondwater worden uitgevoerd.

Met het te gebruiken iteratieproces werd het beeld van positieve en negatieve kwel, en een meer betrouwbare isohypsen- en kD-waardenkaart verkregen.

III. GEBIEDSBESCHRIJVING

a. Begrenzing

Het gebied van onderzoek is in het noorden begrensd door de spoorlijn Eindhoven-Venlo, in het oosten door het kanaal van Deurne, in het zuiden door de Eeuwselse loop en in het westen door de Aa. De totale oppervlakte is ca. 100 km².

In het oosten van het gebied ligt de geologische storing, de Peelrandbreuk genaamd. Deze loopt vanaf Neerkant in het zuiden, langs Liessel naar Zeilberg in het noorden (litt. 2).

b. Waterhuishouding

De ondiepe grondwaterstand (het freatisch vlak) wordt om de 14 dagen waargenomen in ca. 140 peilbuizen. Tevens worden vele peilen in waterlopen opgenomen bij stuwen. Met deze gegevens is voor de datum 28-XII-'72 de isohypsenkaart getekend (fig. 1), aan de hand van meerdere grondwaterstandsraaien. Binnen het gebied liggen twee proefgebieden, namelijk het stroomgebied van de Oude Aa en de Vreekwijkse loop in het noorden en het stroomgebied van de Vooreldonkse Broekloop in het zuiden.

De grondwaterstanden in het noordelijk proefgebied zijn ten westen van de Peelrandbreuk vrij diep. In het dekzand profiel komen lemige lagen voor beneden 3 à 3,5 m beneden maaiveld. In het zuidelijk gebied echter zijn de grondwaterstanden hoog tengevolge van leem- en venige lagen, soms tot hoog in het profiel (ontgonnen veengebied van de Astense Peel).

Debietmetingen over stuwen, uitgevoerd door het Waterschap de Aa, hebben aangetoond dat in het noordelijk gebied infiltratie plaats vindt in verscheidene stuwpannen en in het zuidelijk gebied merendeels drainage voorkomt. Dit blijkt ook uit de grondwaterstandsraaien (fig. 2) en de isohypsenkaart.

Het pompstation Vlierden van de Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant, gelegen ten noorden van de Astense Aa (fig. 1), heeft invloed op de inzijging van freatisch water naar de ondergrond. Ook

aan de benedenzijde van de Peelrandbreuk treden diepe grondwaterstanden op. De inlaat van water vanuit het kanaal van Deurne behelst een verhoging van het ondiepe grondwater ten behoeve van de landbouw. Deze inlaat zal in het noordelijk gebied echter ook meer water doen percoleren naar de watervoerende laag, naast het effect van verhoging van de gemiddeld lage grondwaterstand. In het zuidelijk gebied zijn de opbollingen van de grondwaterstand zo groot dat waterinlaat daar weinig effect zal opleveren (fig. 2, raai V).

Het hele gebied helt globaal in noordwestelijke richting af van ca. 32 m + NAP in het zuidoosten tot ca. 22 m + NAP in het noordwesten. Ten oosten van de Peelrandbreuk (in de veenontginningen van de Peel) verloopt de grondwaterspiegel vrij vlak. Aan de benedenzijde van de breuk treedt een contractie van de isohypsen op, zodat het verhang er veel groter is.

Opstuwung van water vindt aan de bovenzijde van de breuk plaats.

Bij het pompstation Vlierden buigen de isohypsen in oostelijke richting terug, hetgeen duidt op afzuiging door ondergrondse ont-trekking.

Het bekenpatroon vertoont nog een merkwaardige eigenschap. De Oude Aa en de Astense Aa lopen kilometers lang parallel en onderlangs de Veghel storing, om daarna in westelijke richting af te buigen en loodrecht een meer westelijk gelegen breuk te kruisen, om deze weer te gaan volgen (litt. 1).

c. Geologie

Het onderzoeksgebied ligt op de westflank van de Peelhorst. De locatie van de Peelrandbreuk is redelijk nauwkeurig bekend. Ook komen nog enkele geologische storingen voor, waarvan de plaats slechts globaal bekend is. Deze parallel- en zijbreuken zijn in het gebied nauwelijks waar te nemen en beïnvloeden de hydrologie in mindere mate.

Ten oosten van de Peelrandbreuk ligt het mariene Mioceen 'hoog' in het profiel, 15 à 20 m beneden maaiveld. Het Mioceen wordt verondersteld praktisch ondoorlatend te zijn en wordt als hydrologische basis beschouwd. Daarboven komt een watervoerende laag, de formatie van Veghel, voor van ca. 16 m dikte, bestaande uit grove zanden met

dunne horizontale klei- en leemlagen en -lenzen. De bovenste twee meter van het profiel bestaat uit niet tot zwak lemige dekzanden.

Ten westen van de Peelhorst ligt de Roerdalslenk, waar het Mioceen op 300-400 m beneden maaiveld wordt aangetroffen. Als hydrologische basis wordt de formatie van Kedichem genomen, voorkomend op ca. 80 m beneden maaiveld. De watervoerende laag, evenals op de Peelhorst bestaande uit grove Pleistocene zanden met horizontale kleilaagjes, is ca. 60 m dik. Het afdekkende pakket van dekzanden en leemlagen is 15-20 m dik.

Tussen Vlierden en Meijel ligt (litt. 2) de Veghelbreuk, die in het zuid-oosten van de Peelrandbreuk aftakt. Ook zou een storing vanaf Liessel naar het noord-westen van de Peelrandbreuk aftakken (fig. 6). De aanwezigheid van andere breuken in het gebied is niet door boringen vastgesteld, maar wel vermoed (litt. 1). Ook andere afvoermetingen bij de Vooreldonkse Broekloop wijzen in de richting van deze vermoedens.

d. kD-waarden

VAN REES VELLINGA (1972) heeft aan de hand van de lithologische beschrijving van ca. dertig geologische boringen en uit enkele pompproeven een kD-waardenkaart van het gebied gemaakt (fig. 6). Uit deze kaart blijkt dat er drie grote zones voorkomen met verschillende kD-waarden. Deze zones zijn gescheiden door de Peelrand- en Veghelbreuk. Ten oosten van de Peelrandbreuk is de kD-waarde 300-450 m²/dag, naar het noorden groter wordend.

Ten westen van de breuk ligt een zone met kD-waarden van 1200 m²/dag, met bij Liessel en Zeilberg twee zijbreuken, die twee kleine 'terrassen' met kleinere respectievelijk grotere kD-waarden vormen. Ten westen van de Veghelbreuk zijn de berekende waarden 2200 m²/dag.

e. Diepe grondwaterstroming

Uit de gegevens van ca. dertig diepe buizen, met filters in de watervoerende laag, is, voor de opnamedatum van 28 december 1972, de isohypsenkaart van het diepe grondwater samengesteld (fig. 5). Doordat in het zuidelijk gebiedsdeel slechts enkele diepe buizen voorkomen, laat de betrouwbaarheid van de ligging van de isohypsen waarschijnlijk te wensen over. Bovendien bevinden de filters zich niet steeds op dezelfde diepte in het watervoerende pakket.

De isohypsenkaart toont een vrij regelmatig verloop. Dit komt doordat de invloed van sloten en beekjes op die diepte niet aanwezig is en ook door de wijdmazigheid van het net van waarnemingspunten.

De Astense Aa en de oostelijke voortzetting ervan als de Soeloop hebben wel invloed op de stromingsrichting en -intensiteit, ze liggen waarschijnlijk in een oud erosiedal. Het verdichte storingsvlak van de Peelrandbreuk is ter plaatse van dit oude erosiedal van de Soeloop gedeeltelijk geërodeerd en later met zanden voor een deel opgevuld. Dit is de oorzaak van het terugbuigen van de isohypsen bij de Soeloop.

Het verhang van het diepe grondwater bij de breuk is groot en komt op de kaart goed tot uiting in het noordelijk proefgebied en bij Heittrak. Hoe abrupt het diepe water over de breukrand 'valt' is in dit gebied niet exact bekend. Het ingetekende verhang op de isohypsenkaart bedraagt ca. 1:100, tegenover het gemiddelde verhang van 1:1000 over het hele gebied. Het valt op dat de Veghelbreuk de isohypsen niet of nauwelijks beïnvloedt. Alleen de Peelrandbreuk heeft een duidelijk merkbare wateropstuwning tot gevolg.

De sterke terugbuiging van de lijnen bij Vlierden geeft de invloed van de wateronttrekking door het pompstation aan.

IV. KWEL BEREKENINGSMETHODE

a. Datum

De kwel- en inzigingsberekening is uitgevoerd voor slechts één datum, namelijk 28 december 1972, een winterdatum, die, wat betreft de diepte van het grondwater, een zomertoestand weergeeft. De grondwaterstanden mogen, gemiddeld over het hele gebied, gezien worden als een benadering van de gemiddeld lage grondwaterstand (G.L.G.). Dit is geconcludeerd uit de tijd-stijghoogte diagrammen van ondiepe en diepe peilbuizen (fig. 3 en 4). Deze datum is gekozen omdat op die dag ook de maandelijkse debietmetingen plaatsvonden.

b. Twee methoden

De berekening van de positieve of negatieve kwel als verticale waterstroming, vindt plaats voor een semi-confined-stromingsbeeld. De watervoerende laag is van onderen begrensd door een ondoorlatende basis en van boven afgedekt door een laag met veel kleinere horizontale en verticale doorlatendheid.

1e Methode

De kwelberekening wordt uitgevoerd met als basisgegevens: de verticale drukhoogteverschillen tussen ondiep en diep water en de c-waarde ofwel de verticale stroomweerstand van het afdekkende pakket, volgens de formule

$$Q = \frac{\Delta h}{c} \cdot A$$

Q = opkwellend of inzigend debiet per oppervlakte-eenheid (m^3/dag)

Δh = verticaal drukhoogteverschil tussen ondiep en diep grondwater (m)

c = verticale stroomweerstand = $\frac{d}{k}$ = dikte gedeeld door de verticale doorlatendheid van het afdekkend pakket (dag)

A = oppervlakte-eenheid (bijv. $1 km^2$) in m^2

Deze methode is hier niet toepasbaar, omdat de c-waarde niet bekend is. Het is niet zinvol deze waarde uit lithologische gegevens te bepalen, in verband met de grote onbetrouwbaarheid van zo'n 'schatting'. Bovendien blijken de c-waarden over een gebied zeer sterk te variëren.

2e Methode ('toepassing DE RIDDER')

De kwelbepaling wordt uitgevoerd met als basisgegevens de kD-waarden van voornamelijk het watervoerende pakket en de diepe grondwaterstanden. De 'methode der eindige verschillen' wordt toegepast om de netto ondergrondse in- en uitstroming per km² in een vierkantennetwerk te berekenen. Deze netto subsoil-inflow, I_{ss} is gelijk aan de verticale stroming door het afdekkende pakket ofwel de positieve of negatieve kwel (fig. 7). De genoemde methode werd toegepast in een onderzoek van de Achterhoek (litt. 3).

c. 'Methode DE RIDDER'

cl. Waterbalansvergelijking

De kwelwaarden zijn van belang om de waterbalansvergelijking te kunnen toepassen. Per oppervlakte-eenheid (in dit geval per km²) en per tijdseenheid moet de volgende balans gelden:

$$R + I_{ss} = E + \frac{Q_{dr} - Q_{inf}}{A} + \frac{Q_{dw}}{A} + \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

waarin:

- R = sub-soil-inflow = positieve of negatieve kwel
- E = verdamping
- Q_{dr} = gedraineerd debiet, naar sloten
- Q_{inf} = geïnfiltreerd debiet, vanuit sloten
- Q_{dw} = opgepompt debiet van 'deep well'
- Δw/Δt = bergingsverandering
- A = oppervlakte-eenheid

Alle componenten, behalve de I_{ss} ofwel de netto ondergrondse in- en uitstroming, kunnen min of meer bekend zijn, afhankelijk van

de oppervlakte en periode, waarover de balans wordt gemaakt. De waterbalans kon echter niet worden uitgewerkt door het ontbreken van langdurige regenwaarnemingen, verdamping, lange afvoerreeksen en bergingsveranderingen. Het navolgende onderzoek richt zich dan ook op de berekening van de positieve en negatieve kwel.

c2. Methode der eindige verschillen

De I_{ss} moet eigenlijk berekend worden als radiale stroming naar de beschouwde oppervlakte-eenheid en daarom met kring-integralen worden opgelost. Een goede benadering van deze ingewikkelde bepaling is de methode van de eindige verschillen: door een vierkantennetwerk toe te passen en per vierkant de kwel als de gesommeerde waarde in vier hoofdrichtingen te berekenen.

Per vierkant van bijvoorbeeld 1 km^2 wordt de drukhoogte van het diepe grondwater gemiddeld. De drukhoogteverschillen in de verschillende vierkanten en de gemiddelde kD -waarden voor de stroming tussen de vierkanten, zijn de basisgegevens die met behulp van de volgende formule de I_{ss} leveren (fig. 8)

$$\left[(kD)_1 \cdot (h_1 - h_0) + (kD)_2 \cdot (h_2 - h_0) + (kD)_3 \cdot (h_3 - h_0) + (kD)_4 \cdot (h_4 - h_0) \right] \cdot \frac{1}{a} = I_{ss}$$

kD	= transmissibiliteit (m^2/dag)
h_0, h_1, h_2, h_3 en h_4	= gemiddelde drukhoogten in de vierkanten 0, 1, 2, 3, 4 (in m)
a	= lengte vierkantszijde (m)
I_{ss}	= sub-soil-inflow = netto ondergrondse in- en uitstroming (mm/dag)

De term $(kD)_a \cdot (h_a - h_0)$ is de hoeveelheid water die door één der vierkantszijden in- of uitstroomt. De vier stromingsintensiteiten gesommeerd geven een goede benadering van de kwel in vierkant 0.

V. RESULTATEN

a. Bespreking eerste kwelkaart

Uitgaande van de gegevens van de oorspronkelijke kD-waardenkaart en de gemaakte isohypsenkaart is via de genoemde rekenmethode als eerste resultaat een kaart verkregen van het kwel- en inzijgingspatroon en weergegeven in fig. 9.

De richting van de Peelrandbreuk is duidelijk herkenbaar. Bij de Peelrandbreuk komt een overgang voor in de transmissibiliteit van kD $400 \text{ m}^2/\text{dag}$ aan de bovenzijde van de breuk naar kD 1200 aan de benedenzijde. Dit effect tezamen met de invloed van het grotere verhang bij de breuk zijn er de oorzaak van dat vanaf 500-600 m ten oosten van de breuk tot 300-400 m ten westen ervan zware inzijging optreedt. Dit is een waterval-afzuigings-effect. Ruim een kilometer ten westen van de breuk ligt een sterke kwelzone. De grotere kD en het sterke verhang uit het oosten veroorzaken daar een grote toestroming.

Onregelmatigheden in de stroming over de breuk treden op ten noorden van Liessel en ten zuiden van de Soeloop. Bij Liessel takt een zijbreuk af, zodat de kD-overgang waarschijnlijk geleidelijker verloopt. Meteen ten zuiden van de Soeloop is waarschijnlijk de breukrand gedeeltelijk geërodeerd door de oer-Soeloop, zodat daar de kD-overgang minder abrupt verloopt.

Bij het pompstation Vlierden komt sterke positieve kwel voor. Dit lijkt tegenstrijdig met het feit dat bij pompstations oppervlaktewater inzijgt, maar wordt veroorzaakt doordat de kwel gelijk is aan de netto ondergrondse radiale instroming (zie ook de waterbalansvergelijking).

Eenzelfde positieve kwel verwachten we bij de andere plaatsen van grondwateronttrekking. Bij Asten (melkfabriek-pomp) en bij Ommel (Goossen-fabriek-pomp) bevinden zich inderdaad positieve kwelplekken. De ondiepe en diepe grondwaterstanden ter plaatse waren niet beïnvloed door afzuiging, of althans was de puntendichtheid te grof om dit tot uiting te brengen. Dit betekent dat de kwelplekken daar niet direct als pompinvloed mogen worden gezien.

De kwellende of inzijgende zones bij beken komen niet of slechts zeer indirect tot uiting omdat de grondwaterstanden per km² zijn gemiddeld.

Opgemerkt kan worden in het komvormig gebied van de Astense Peel een kwel optreedt, die tot gevolg had dat er veen en moerassige gronden ontstonden.

De overgang van de zone met een kD-waarde van 1200 m²/dag naar de zone met kD=2200 vindt plaats op de Veghelbreuk. De overgang komt nauwelijks tot uiting in het kwelpatroon, omdat de isohypsen geen contractie vertonen bij de breuk. Aan de oostzijde van de Oude Aa bij Vlierden echter, komt evenwijdig aan de breuk een zone van verminderde kwel en ook inzijging voor.

b. Controle van de eerste resultaten

Deze controle van de eerste kwelkaart (fig. 9) vindt plaats aan de hand van

1. gemeten drainage- en infiltratiewaarden in stuwpannen, en
2. veldkenmerken.

Ad 1. De gemeten totale debieten over stuwen zijn omgewerkt, met behulp van de afwaterende oppervlakte per stuwpan, tot debietsveranderingen per stuwpan, uitgedrukt in l/sec.ha. Kwantitatief blijkt er geen goed verband gelegd te kunnen worden tussen de debietsverandering in het stuwpan, met inachtneming van de stuwpeilen, de neerslag-afvoergolven, de bergingsveranderingen en de drainagewaarde.

In de periode dat de stuwen op eenzelfde peil blijven (tussen half april en half oktober en omgekeerd) kan wel bepaald worden of in een pand systematische drainage (kwel) of infiltratie (inzijging) of beide afwisselend voorkomen.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de debietsveranderingen per afwaterende oppervlakte van stuwpannen (fig. 10). Voor 4 à 5 data zijn betrouwbare waarden beschikbaar. In maart en april 1973 waren de waarden te zeer verstoord door het optrekken van de stuwen en de instelling van een nieuw 'evenwicht'. Alleen de panden, die soms of regelmatig een debietsvermindering

te zien geven zijn in de tabel vermeld.

De datum van 26 oktober 1972 geeft een situatie met inlaat vanuit het kanaal van Deurne weer, en

24 november 1972: geen inlaat, na flinke neerslag

28 december 1972: geen inlaat, na zeer geringe neerslag

31 januari 1973: geen inlaat, na flinke neerslag

20 februari 1973: geen inlaat; na flinke neerslag

Tabel 1. Debietsveranderingen van stuwpanden, per afwaterende oppervlakte

pand (code fig. 10)	Afw.opp. in ha	ΔQ in l/sec.ha				
		26 okt.	24 nov.	28 dec. '72	31 jan. '73	20 feb. '73
Oude Aa en Vreekwijkse loop:						
AY - AX	19	+0,32	-	-0,16	-0,05	-0,58
BA - (AY en BD)	122	-0,05	-	+0,05	-0,06	-0,08
BQ - BN	52	-	+0,12	+0,02	-0,15	+0,13
BR - BQ	10	-0,60	-0,50	-0,40	+0,40	+0,20
L - K	25	-0,04	+0,40	+0,12	+0,20	+0,08
P - (L en O)	29	+0,07	-0,52	-0,45	-0,86	-0,14
AE - P	213	-0,05	+0,12	-0,01	+0,11	+0,02
AK - AE	137	+0,09	-0,04	+0,01	-0,01	+0,11
BV - (BR en AM)	65	-0,11	-0,57	-0,28	-0,35	-0,54
CD - BV	186	+0,09	-0,03	+0,02	-0,03	+0,05
Astense Aa:						
GG - (FZ en FA)	127	-	-	-	-0,08	+0,31
51E- 51F	316	-	+0,13	-0,16	-0,03	-0,13
51D- 51E	221	-	-0,18	+0,54	+0,59	+0,63
Vooreldonkse Broekloop en Diepe loop:						
MQ - (MN en MB)	120	-	-0,54	-0,08	-0,07	+0,18

Bepaalde panden hebben voortdurend of in vele maanden een waterverlies en daar moet dus inzijging plaatsvinden. Deze panden zijn op de kwel- en inzijgingskaarten ingetekend en dienen als toetsing voor de kwelberekening van het hele gebied.

Op de kwelkaarten zijn ze aangegeven met dikke lijnstukken als in dat pand steeds inzijging plaats vindt en met een stippel-

lijn als de inzigging op enkele tijdstippen optreedt (fig. 9, 11 en 12).

Het valt op dat meteen ten westen van de Peelrandbreuk sterke wegzijging plaats vindt, vooral in het noordelijk proefgebied. In de Oude Aa en Astense Aa dicht bij het pompstation Vlierden treedt waterverlies uit de leiding op. Ook in de Diepe loop ten zuidoosten van Asten verdwijnt er water uit de leiding. Deze laatste wegzijging zou een aanwijzing kunnen zijn voor een door BON (1972) veronderstelde breuk (litt. 1).

Ad 2. Uit enkele gedetailleerde onderzoeken van breuken bij Wansum in Limburg (litt. 4), is gebleken dat door nawerking van de breuk het Pleistocene pakket, met grof zand en kleilaagjes, is verschoven langs het breukvlak. Hierdoor staan de kleilaagjes boven het breukvlak onder een grote helling, zoms zelfs bijna verticaal. Door de verschuiving heeft een versmering plaatsgevonden, zodat een smalle zone recht boven het breukvlak een veel kleinere horizontale doorlatendheid heeft.

In de bovengrond is in verse sloottaluds het verschijnsel fraai waar te nemen. Aan de bovenzijde van de breuk wordt tot hoog in het profiel grind en grof zand aangetroffen. Bij de breukzone duikt het grove materiaal plotseling weg en grenst meteen aan het dekzand. Op deze grens treden sterke roestverschijnselen op. Het ijzerhoudende Peelhorst-water komt bij het dieper wegduiken van de grondwaterspiegel in aanraking met zuurstof, zodat door schuinstaande of bijna verticale roestbanken ontstaan. Dit verschijnsel wordt aangetroffen in de afvoersloot van het grindgat van de kalksteenfabriek, gelegen tussen Zeilberg en Liessel.

Over de breedte van de weerstandszone bestaan voor ons gebied geen gegevens, maar in andere gebieden, zoals bij Wansum, is de zone niet breder dan ca. 30 m. In dat geval is het verhang van het grondwater 1:5 à 1:10.

Er is reden om aan te nemen dat de Peelrandbreuk ten zuiden van Deurne dezelfde extreme situatie vertoont, maar de wijstverschijnselen treden hier veel minder sterk op dan bij Uden

en Wansum. Het wordt veroorzaakt door het dikkere stuifzanddek dat over de breukzone voorkomt. Zoals ook uit de isohypsenkaarten en de grondwaterstandsraaien blijkt, is het verschijnsel in principe zeker aanwezig en daarom zal bij de correctie hiermee rekening worden gehouden.

c. Toegepaste correcties

Na de beschouwing van de controlemogelijkheden 1 en 2 zijn de volgende correcties in isohypsen en kD-waarden in een aantal stadia aangebracht.

Veranderingen van de isohypsen

1. De isohypsen in het zuidelijk gebied zijn enigszins aangepast in die zin, dat bij de uitmonding van de Soeloop en die van de Diepe loop inzijing ontstaat.

Veranderingen in de kD-waardenkaart

2. Met behulp van veldkenmerken is waarschijnlijk gemaakt, dat de Peelrandbreuk in het noordelijk proefgebied een 100-400 m westelijker zal liggen. Ook de zijbreuk naar Deurne werd iets verschoven (fig. 11).
3. De op de kD-waardenkaart ingetekende oostelijke uitstulping van de lijn van de kD-waarde van 2000, tot aan de Peelrandbreuk lijkt niet aannemelijk, in verband met kwel- en inzgingsverschijnselen. Daarom is verondersteld dat het terras tussen de Veghel- en Peelrandbreuk in zijn geheel een kD-waarde heeft van 1200. Na deze correctie blijken het berekende en gemeten kwelpatroon betere overeenkomst te vertonen.
4. Op meerdere plaatsen werd geconstateerd dat direct aan de benedenzijde van de breuk een smalle zone voorkomt met een grotere kD-waarde dan die van het terras zelf. Dit kan een tektonische oorzaak hebben, maar ook ontstaan zijn door erosie onderlangs en parallel aan de breuk.

Zo treft men bij de steenfabriek een kD-waarde aan van 2500 en bij de Vreekwijkse loop een kD-waarde van 1480 m²/dag. Eenzelfde

situatie is verondersteld aanwezig te zijn op het terras van de zijbreuk bij Liessel.

5. De ligging van de Veghelbreuk in het zuiden is iets meer zuidelijk verondersteld, waardoor de Veghel- en Peelrandbreuk zuidelijker samenkomen (litt. 2).

6. De belangrijkste wijziging van de kD-waarden is wel het aannemen van een grote horizontale stroomweerstand boven het breukvlak. Zoals in het vorige hoofdstuk is beschreven moet een smalle zone van kleine doorlatendheid aanwezig zijn. Door het ontbreken van gedetailleerd geohydrologisch onderzoek in ons gebied is niets bekend over de grootte van de weerstand. Daarom is een aanname gedaan echter wel in vergelijking met de berekende waarde van de weerstand in het detail-onderzoek bij Wansum (litt. 4). De kD-waarde van oost naar west verandert van gemiddeld 400 via een smalle noord-zuid-zone met een kD-waarde van 100 naar 1200 op het Veghel-terras.

De Peelrandbreuk wordt in het voor de berekening gebruikte vierkantennetwerk zo goed mogelijk benaderd door de dichtst bijzijnde vierkantszijde een kD-waarde van 100 te geven. Waar de breuk naar het zuidoosten buigt is een trapsgewijze verspringing aangebracht, waarbij enkele oost-westzijden ook een kD-waarde van 100 krijgen (fig. 11). Een trapsgewijs geschematiseerde nabootsing van de breuk bewerkstelligt een stroomweerstand in zowel de oost-west als de noord-zuid component van de stroming over de breuk. De weerstands-'zone' is bij de berekening dus niet opgevat als zone, maar is gezien als 'schutting', een stroombelemmering van verwaarloosbare dikte.

Hiermee wordt een juister beeld bereikt, waarbij direct oostelijk van de breuk kwel en westelijk ervan inzijging plaats vindt.

7. Doordat bij de Soeloop de weerstandszone van de breuk gedeeltelijk is weggeërodeerd, is daar de transmissibiliteit niet als 100 maar als $200 \text{ m}^2/\text{dag}$ aangenomen.

d. Resultaten aan de hand van gecorrigeerde gegevens

Nadat deze wijzigingen worden ingebouwd in de tweede berekening werd de nieuwe kwel- en inzijgingskaart verkregen (fig. 11). Het kaartbeeld vertoont nu een kwelzone van enkele honderden meters breed ten oosten van de Peelrandbreuk, tegenover een sterke inzijgingszone ten westen ervan.

De inzijging in bepaalde delen van de Vreekwijkse loop en de Oude Aa is sterker geworden. Eveneens is dit het geval bij de uitmonding van de Soeloop en bij het benedenste pand van de Diepe loop. Hierdoor is meer overeenstemming gekomen met de inzijgingswaarden, berekend uit de debietmetingen.

De Veghelbreuk komt in noordelijk proefgebied beter tot uiting in de afwisselende inzijgings- en kwelzones. Door de aangebrachte wijzigingen is de kwelkaart betrouwbaarder geworden.

e. Detaillering van de kwelkaart

Omdat een vierkantennetwerk met zijden van 1000 m lengte erg grove gemiddelden laat berekenen, zijn in drie proefblokken de vierkanten verkleind van 100 naar 25 ha (fig. 12).

Blok I omvat een groot deel van het noordelijk proefgebied. Het is gekozen omdat het interessant is door het voorkomen van parallel aan elkaar lopende breuken. Tevens vindt in dit gebied waterinlaat plaats en bevindt zich er het pompstation Vlierden. De hele kwelsituatie vanaf de Peelrandbreuk tot aan het pompstation zal hierdoor beter begrepen worden. Door de grotere puntendichtheid en daardoor betere betrouwbaarheid van de isohypsen in het noordelijk gebied, komt de berekening door de detaillering beter tot zijn recht.

Blok II is gekozen om de inzijging bij de samenstroming van de Soeloop en de Astense Aa, en tevens de stoming door het oer-erosiedal van de Soeloop nader te onderzoeken.

Blok III, tenslotte, is gekozen in verband met de inzijging bij de Diepe loop en Vooreldonkse Broekloop.

Dezelfde procedure en berekening is gevolgd als bij de eerste en tweede kwelbepaling. (Het verdient aanbeveling om bij beschouwing van

fig. 12 een kleuring of arcering toe te passen).

Resultaten

De resultaten worden aanzienlijk duidelijker. In het noordelijk gebied treft men ten oosten van de Peelrandbreuk een smallere kwelzone aan. De inzigging direct ten westen van de breuk is zeer sterk. Plaatselijk komt een waarde voor van 10 mm/dag of meer, een waarde die aan de hand van de debietmetingen niet gevonden wordt, maar wel reëel kan zijn doordat de infiltratie vanuit de waterlopen door inslibbing van de slootwanden geremd zal zijn. Verder naar het westen komen afwisselende zones van kwel en inzigging voor, die met breuken in verband kunnen staan.

De sterke kwel bij het pompstation is mogelijk omdat grote debieten van ca. 4 miljoen m³/jaar aan de ondergrond worden onttrokken en daardoor sterke toestroming plaats vindt. De debietsvermindering in stuwpannd 51-D in de Astense Aa kan hiermee in verband staan (fig. 10 en 12).

Blok II toont dat de debietsvermindering boven stuw GG in de Astense Aa, wordt veroorzaakt door inzigging in het bovenste deel van het pand. Bij hoge afvoeren wordt de debietsverandering echter niet negatief.

In blok III blijkt dat een sterke inziggingszone aanwezig is, evenwijdig aan de isohypsen. Van zuidoost naar noordwest gaand, wordt eerst een lichte kwel in het middengebied van de Diepe loop waargenomen, daarna een lichte inzigging, gevolgd door een sterkere inzigging vlak langs het benedeneinde van de Diepe loop, die weer overgaat in lichte inzigging. Deze opeenvolging van smalle evenwijdige zones is het gevolg van veranderingen in het grondwaterverhang (fig. 5).

VI. DISCUSSIE

a. Betrouwbaarheid van de benadering met een vierkanten-net

Een beperking op de betrouwbaarheid van de kwelkaarten is dat interpolatie tussen de vierkantsgemiddelden nooit de reële lijnen zal produceren, als de lijnen niet door andere aanwijzingen, die een zekere waarschijnlijkheid veronderstellen, worden gecorrigeerd. Een goed voorbeeld hiervan is de kwelzone aan de bovenzijde van de Peelrandbreuk in fig. 11. Bij slechts lineaire interpolatie tussen de vierkantswaarden ontstaat een zeer bochtige lijn, die in de tekening echter rechtgetrokken is en direct ten oosten van de breuk verloopt. Er kunnen hiaten vallen in smalle doorlopende zones die niet evenwijdig aan de vierkantszijden liggen. Topwaarden van positieve of negatieve kwel worden niet gevonden, omdat met gemiddelde waarden per vierkant wordt gewerkt, waarvan de plaats is bepaald door het vierkantennet van 1 km^2 op de topografische kaart.

Smalle invloedszones van beken worden uitgesmeerd over stroken van 1000 of 500 m breed, en komen daarom slechts zeer indirect tot uiting.

Dit zijn onvermijdelijke nadelen van het werken met een vierkantennetwerk, die in dit onderzoek niet opwegen tegen de voordelen van overzichtelijkheid en werksnelheid.

De verkleining van het net tot vierkantennet een zijde van 500 m, levert aanzienlijk duidelijker resultaten. De genoemde bezwaren, geldend voor het netwerk met vierkanten van 100 ha, wegen in het geval van kleinere vierkanten minder zwaar. Gezien de beperkte betrouwbaarheid van de isohypsenkaart van het diepe grondwater, was het niet zinnig deze detaillering voor het hele gebied toe te passen.

b. Gebruiksmogelijkheden van de kwelkaart

De kwelwaarden kunnen voor meerdere doeleinden worden gebruikt:

1. Bepaling van de gunstigste plaats voor toekomstige grondwateronttrekking.
2. Bepaling van de plaats van inlaat- en infiltratiegebieden en tevens van de benodigde hoeveelheden water.
3. De waterbalans kan de kwelwaarden corrigeren. Dit is een middel tot aanpassing en verbetering van de isohypsen- en de kD-waarden.
4. Per oppervlakte-eenheid kan de gemiddelde verticale stroomweerstand van het afdekkende pakket (de c-waarde) worden bepaald, als de drukhoogteverschillen tussen diep en ondiep grondwater bekend zijn.

c. Voort te zetten onderzoek

Wegens tijdgebrek is een belangrijke wijziging niet verder onderzocht: De kontraktie van de diepe en ondiepe isohypsen bij de Peelrandbreuk is in de bovenstaande benadering verondersteld te verlopen met een verhang van 1:50 à 1:100. De mogelijkheid bestaat dat dit verhang groter is (gebaseerd op veldkenmerken). Deze mogelijkheid is zelfs vrij reëel en dient onderzocht te worden. In dat geval zal het kwelbeeld zich wijzigen. De kwel ten oosten van de breuk neemt iets toe en de inzigging ten westen ervan neemt af. Er kan nu niet meer dan een kwalitatieve aanduiding van deze verandering worden gegeven. De berekening moet aantonen hoe groot de wijziging is en of de uitkomst waarschijnlijker is dan de bestaande.

VII. SAMENVATTING

Het uitgevoerde onderzoek behelst de bepaling van kwel en inzijing in het gebied van de ruilverkaveling Astense Aa (ten zuiden van Deurne N.B.) en aan de hand daarvan een bestudering van de geohydrologie.

De aanwezigheid van meerdere geologische storingen ofwel breuken, inlaat en infiltratie van oppervlaktewater en een aanzienlijke grondwateronttrekking door een drinkwaterleidingbedrijf en door de industrie gaven aanleiding tot het kwel- en wegzijgings onderzoek.

De kwel wordt berekend als de netto ondergrondse in- en uitstroming per oppervlakte-eenheid. De basisgegevens hiertoe zijn de kD-waarden en de diepe grondwaterstanden, welke met behulp van de methode der eindige verschillen (toepassing DE RIDDER) de kwelwaarden leveren.

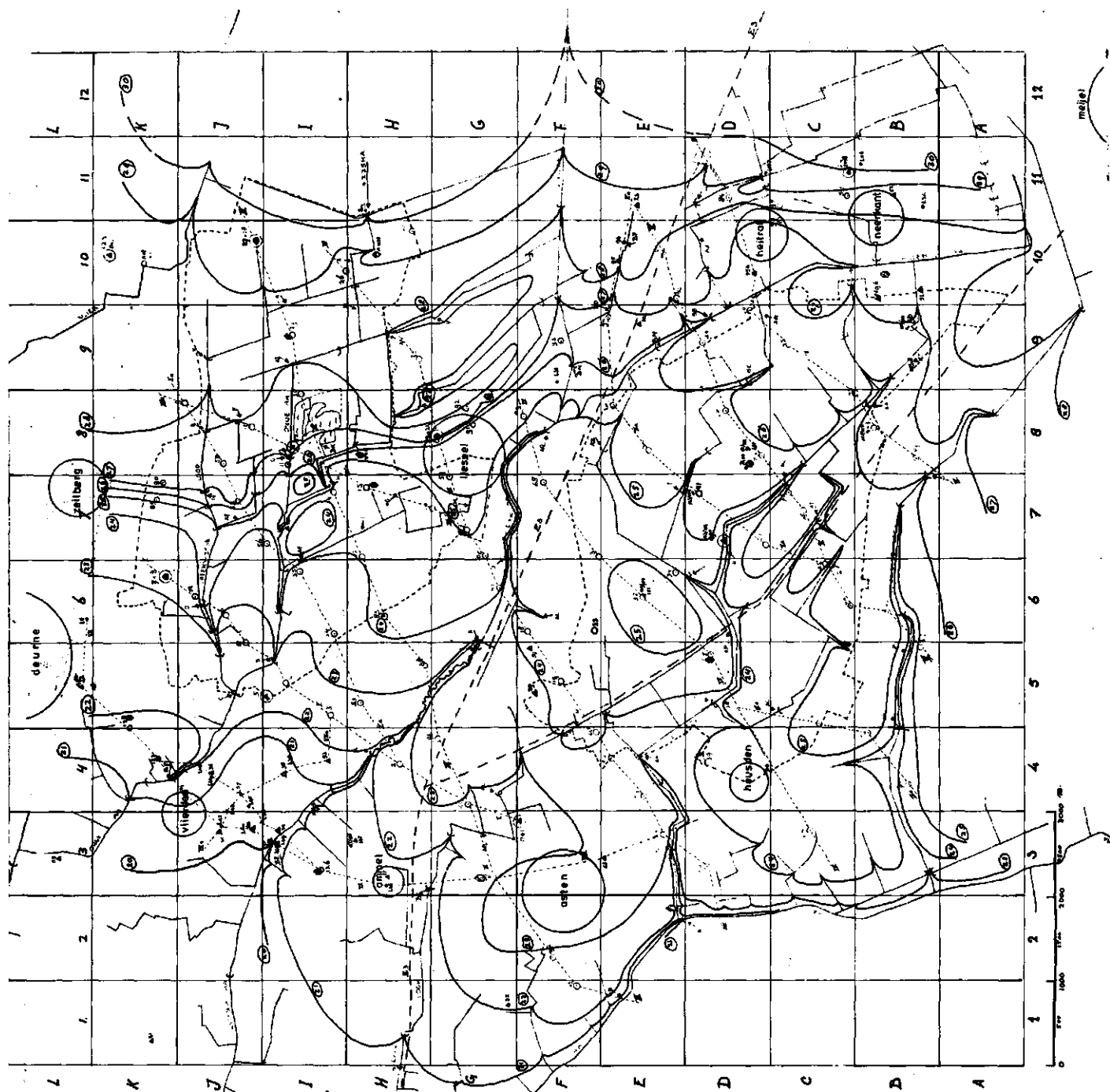
Door vergelijking van het kaartbeeld van de berekende kwelwaarden met gemeten drainage- en infiltratiewaarden in stuwpannen, kan een correctie worden aangebracht op het isohypsenbeeld en de kD-waardenkaart.

VIII. LITERATUUR

1. BON, J., 1972. Hydrologische veldkenmerken langs de westflank van de Peelhorst.
2. RIDDER, N.A. DE, P. HONDIUS and A.J. HELLINGS, 1967. Hydrological investigations of the Peel-region and its environs.
ICW Technical Bulletin no. 48.
3. ERNST, L.F., N.A. DE RIDDER and J.J. DE VRIES, 1970. A geohydrologic study of East Gelderland.
Geologie en Mijnbouw 49e jaargang, juni.
4. ——— and N.A. DE RIDDER, 1960. High resistance to horizontal groundwater flow in coarse sediments due to faulting.
Geologie en Mijnbouw 39e jaargang, maart.

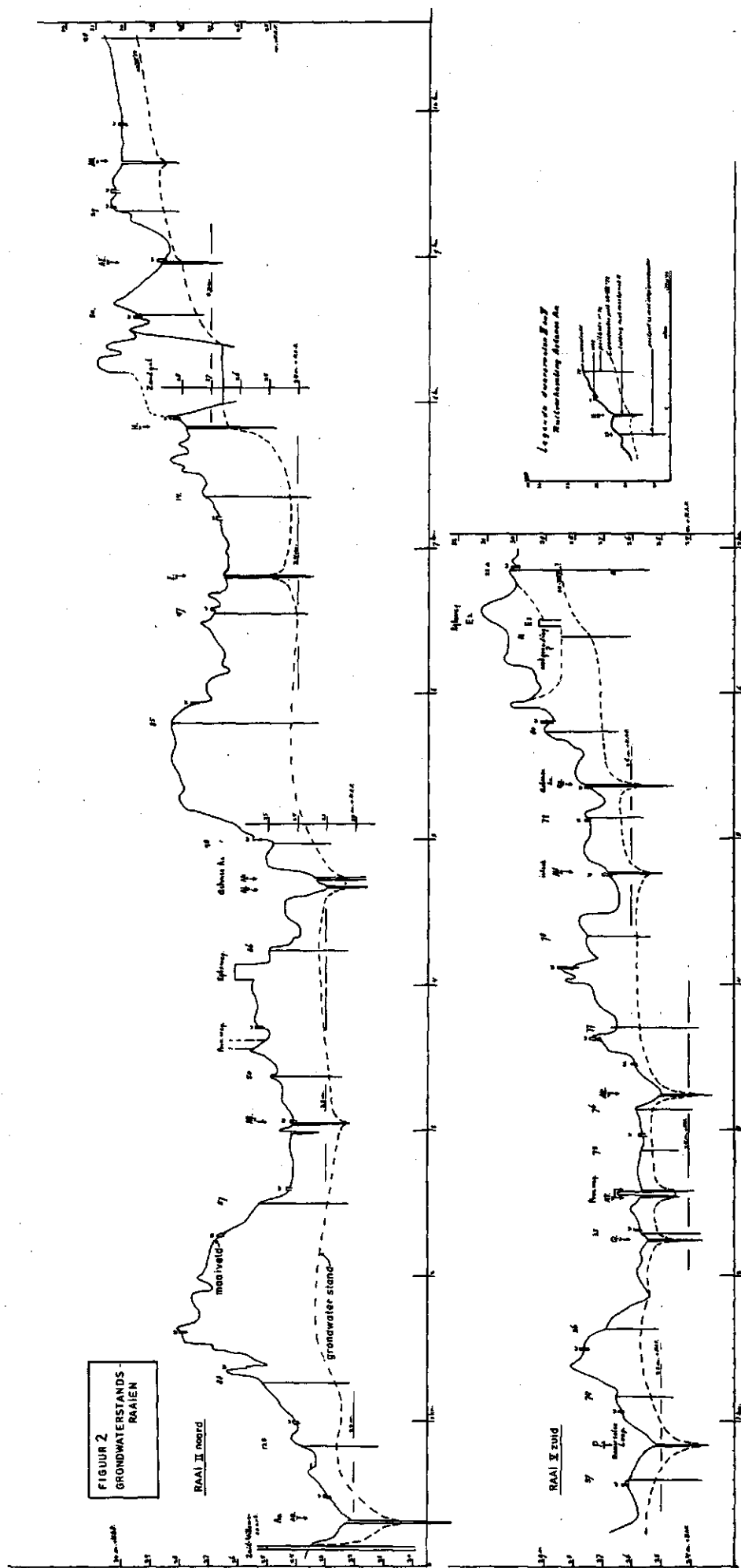
B I J L A G E N

- Fig. 1. Isohypsenkaart van het ondiepe grondwater
- Fig. 2. Grondwaterstandsraaien Noord en Zuid
- Fig. 3. Tijd-stijghoogtelijnen van ondiepe buizen
- Fig. 4. Tijd-stijghoogtelijnen van diepe buizen
- Fig. 5. Isohypsenkaart van het diepe grondwater
- Fig. 6. kD-waardenkaart
- Fig. 7. Schema grondwaterstroming
- Fig. 8. Voorbeeld berekeningswijze
- Fig. 9. Kwel- en inzijgingskaart, stadium I
- Fig. 10. Waterlopen- en stuwenkaart
- Fig. 11. Kwel- en inzijgingskaart, gecorrigeerd
- Fig. 12. Kwel- en inzijgingskaart, gecorrigeerd en gedetailleerd



Werkgroep Panheel III
 FIGUUR 1
 ISOHYPSEN KAART v.h.
 ondiepe grondwater
 Astense Aa

- LEGENDA**
- River, beek, leiding
 - - - - - grens proefgebieden
 - pelbus - rassen
 - grondwaterstandsbuis
 - buit diepe grondwater
 - ← meetpunt waterstand in leidingen
 - - - - - riks- en proef weg
 - regenmeter
 - isohypse van 21 m. • N.A.P.



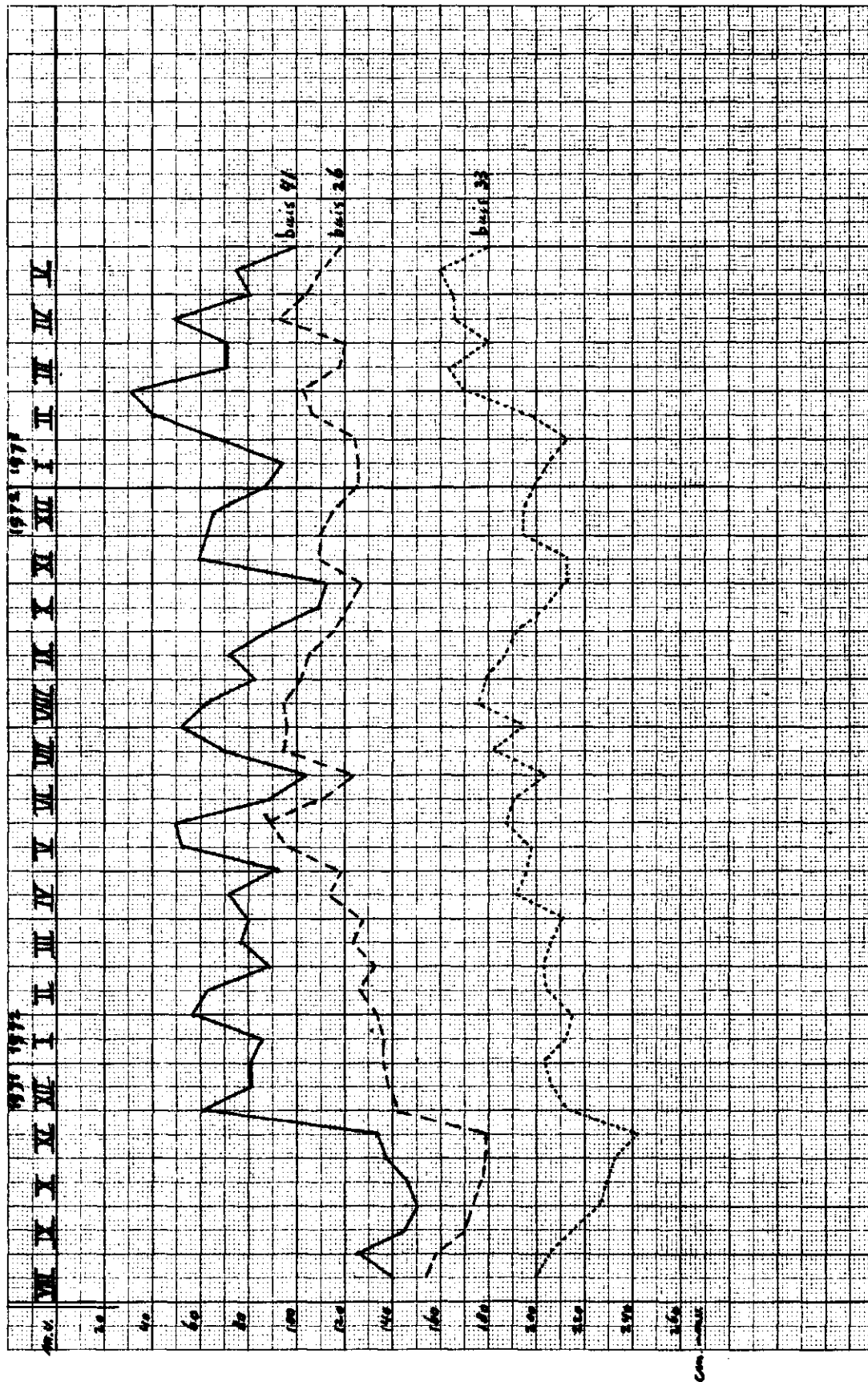


Fig. 3. Tijd-stijghoogtelijnen van ondiepe buizen. Voor locatie zie fig. 1

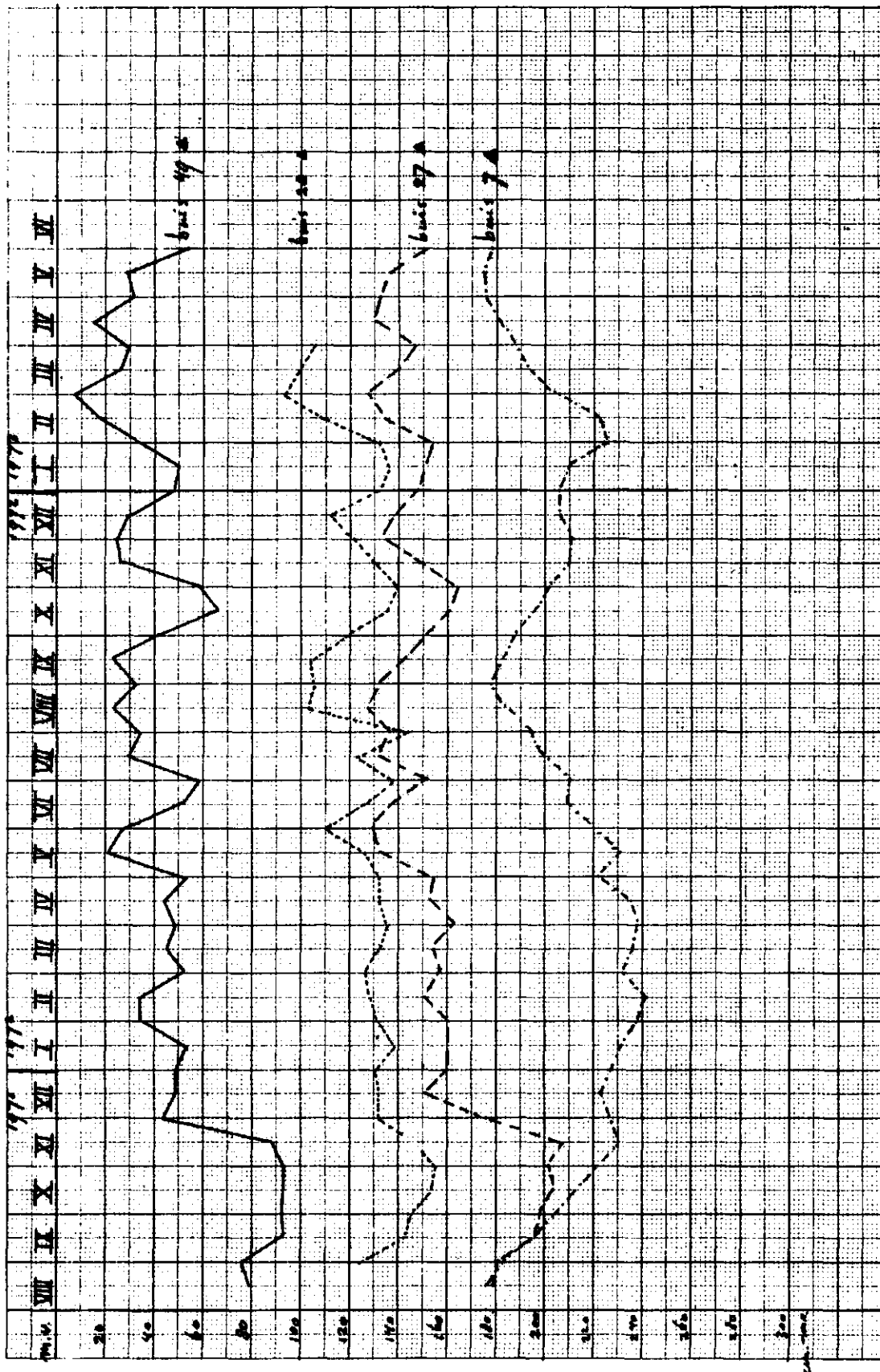
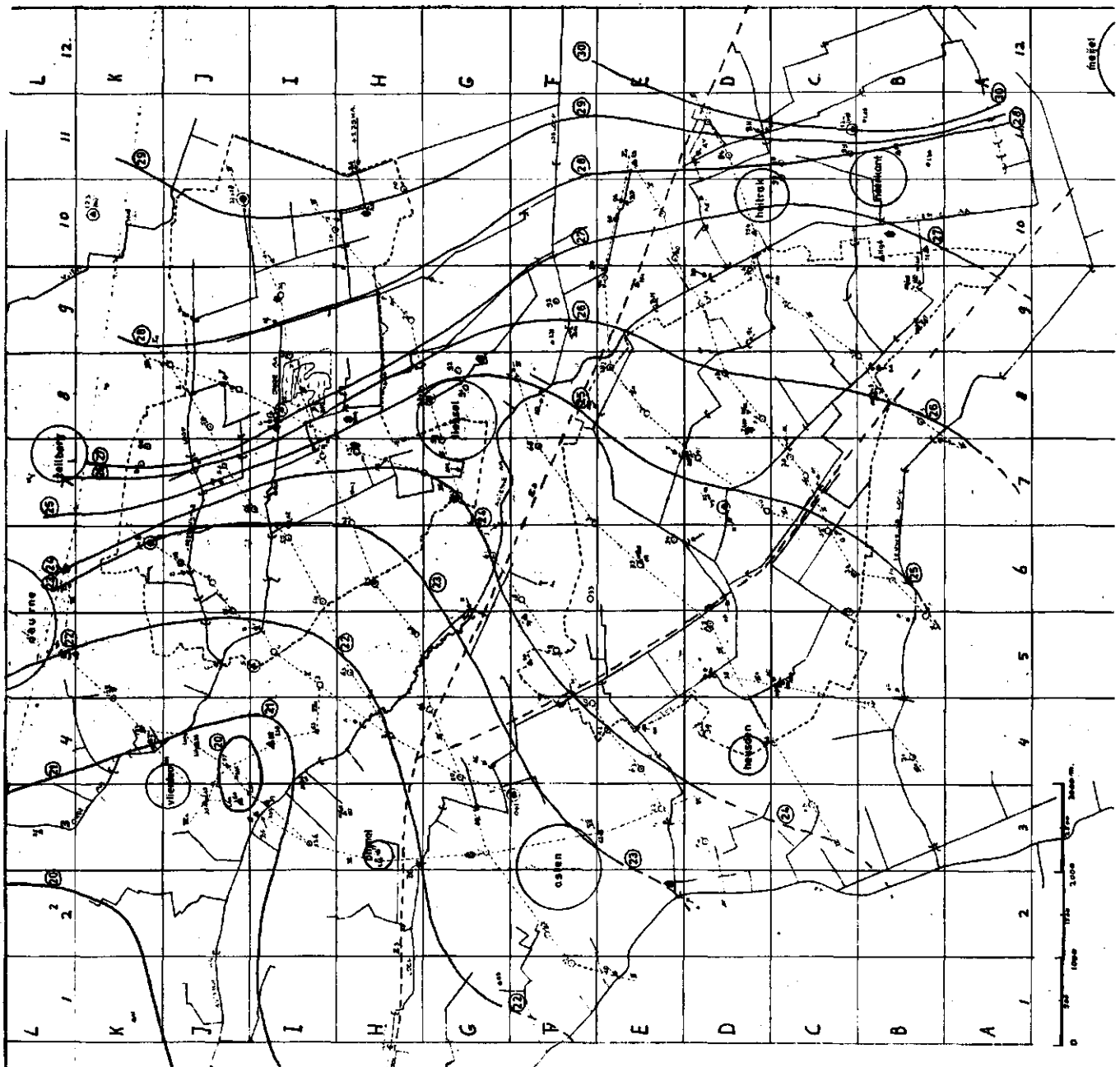
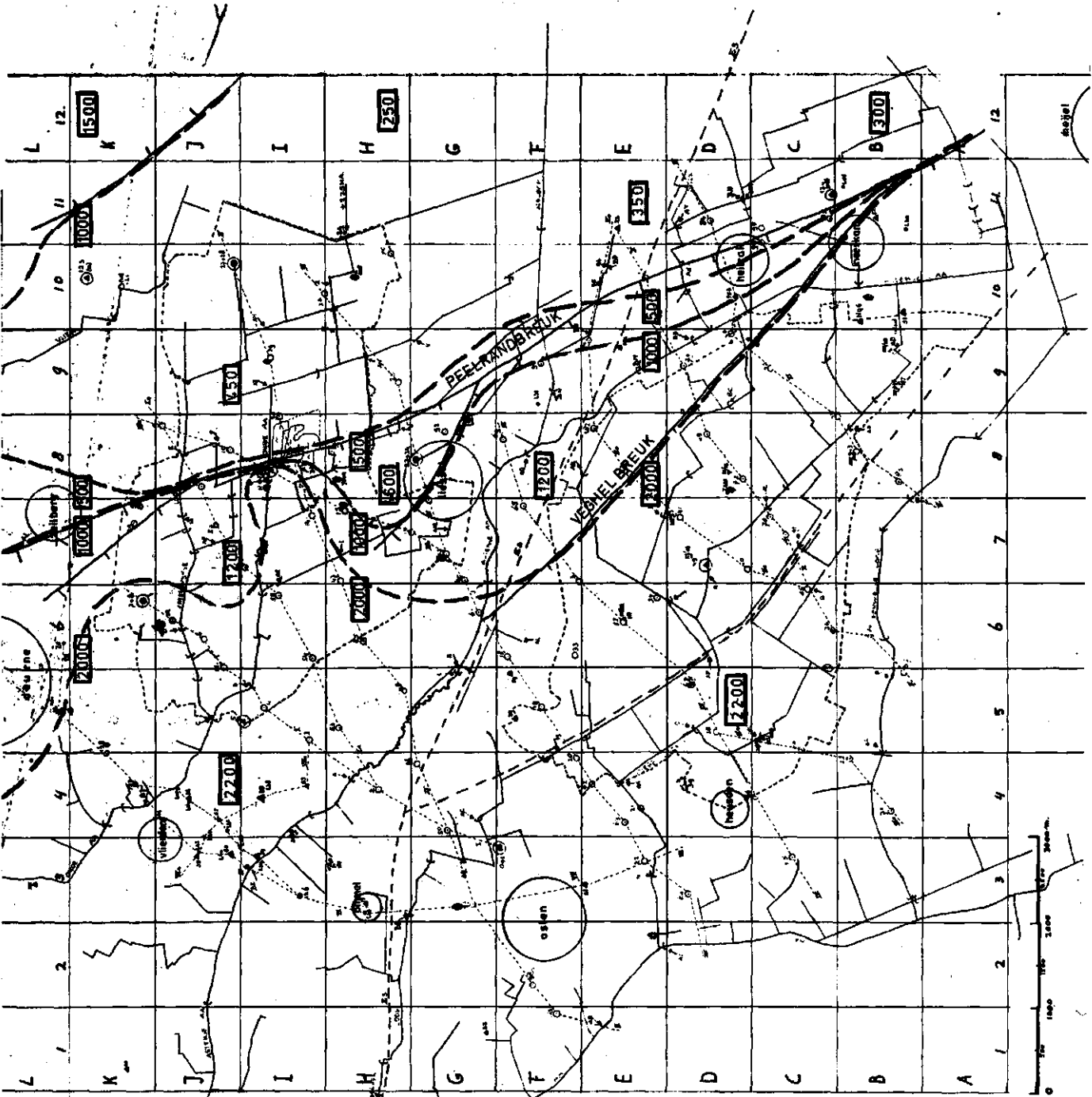


Fig. 4. Tijd-stijghoogtelijnen van diepe buizen (opm.: buis 7 moet 1 meter lager liggen dan getekend is). Lijnen in fig. 3 en 4 met eenzelfde lijnsoort, geven corresponderende buizen aan, zie fig. 1

Werkgroep Panheel III
 FIGUUR 5
 ISOHYPSEN-KAART v.h.
 DIEPE grondwater
 Astense Aa



LEGENDA.
 ———— River, beek, leiding
 - - - - - Grens proefgebieden
 - - - - - peilbuis - radien
 ○ grondwaterstands buis
 ○• bus diepe grondwater
 ← meetpunt waterstand in leidingen
 - - - - - rijk - en prov weg
 0 regennmeter
 23 isohypse van 23 m. + N.A.P.



Werkgroep Panheel
FIGUUR 6.
KD-WAARDEN KAART
 Astense Aa

LEGENDA:

- Rivier, beek, leiding
- - - - - grens proefgebied
- peilbuis - rooien
- grondwaterstands-buis
- buis diepe grondwater
- ↑ meetpunt waterstand in leidingen
- - - - - rijks- en prov. weg
- regenmeter
- breuk
- 1200** KD-waarde in m²/dag

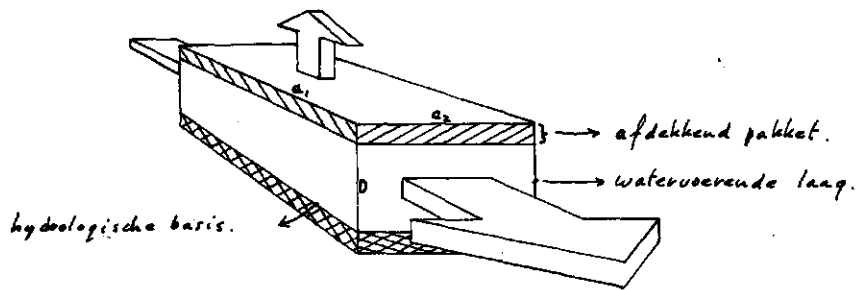


Fig. 7. Geschematiseerde voorstelling grondwaterstroming
($a_1 = a_2 = 1 \text{ km} = \text{vierkantszijde}$)

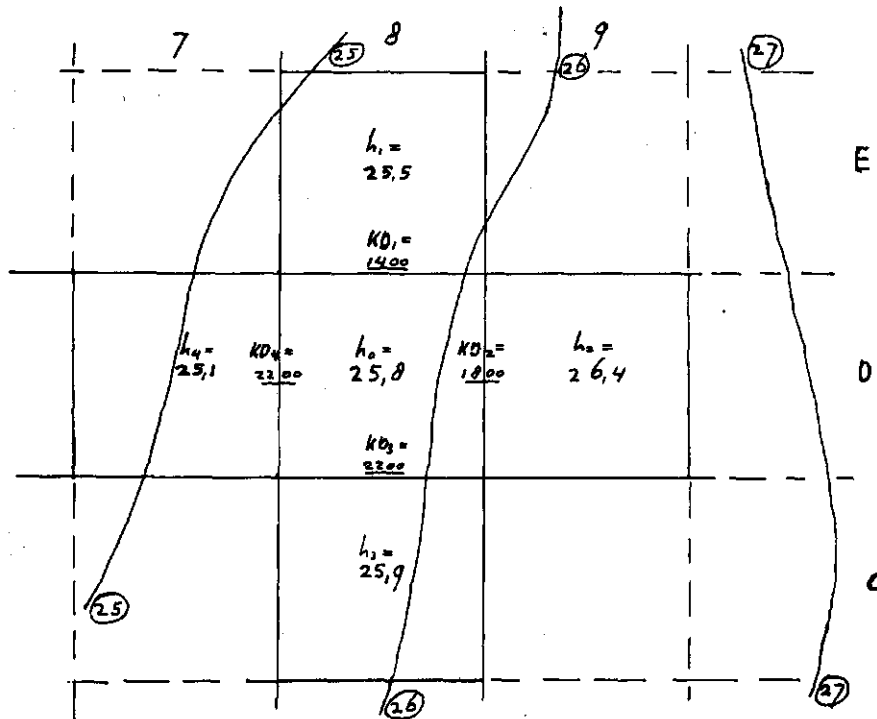


Fig. 8. Voorbeeld van verzameling der gegevens per vierkant

Legenda: (26) Isohypse van 26 m + NAP
25,8 Gemiddelde diepe grondwaterstand per km^2
1800 kD -waarde voor stroming van D9 naar D8

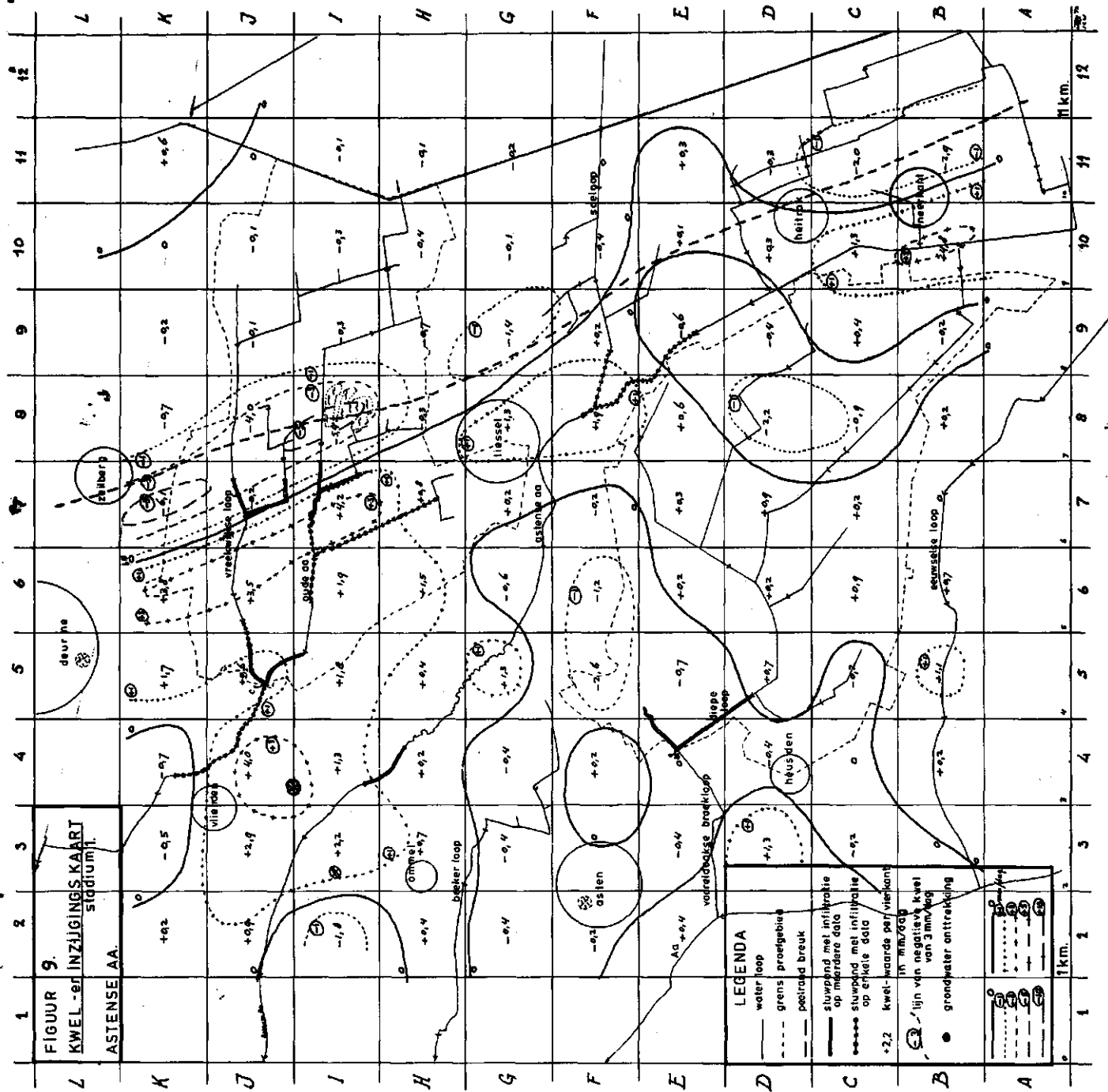
Voorbeeld rekenwijze met formule: (zie blz. 9)

$$\left[(kD)_1 \cdot (h_1 - h_0) + (kD)_2 \cdot (h_2 - h_0) + (kD)_3 \cdot (h_3 - h_0) + (kD)_4 \cdot (h_4 - h_0) \right]$$

$$= I_{ss} \text{ (m}^3/\text{dag.km}^2\text{)}$$

Nr vierkant	h_0	kD_1	h_1	kD_2	h_2	kD_3	h_3	kD_4	h_4	I_{ss} ($\text{m}^3/\text{dag.km}^2$)	I_{ss} (mm/dag)
D8	25,8	1400	25,5	1800	26,4	2200	25,9	2200	25,1	- 660	- 0,7
			E8		D9		C8		D7		

Zie kaart 11



FIGUUR 9.
 KWEL- en INZIJGINGS KAART
 stadium II.
 ASTENSE AA.

LEGENDA

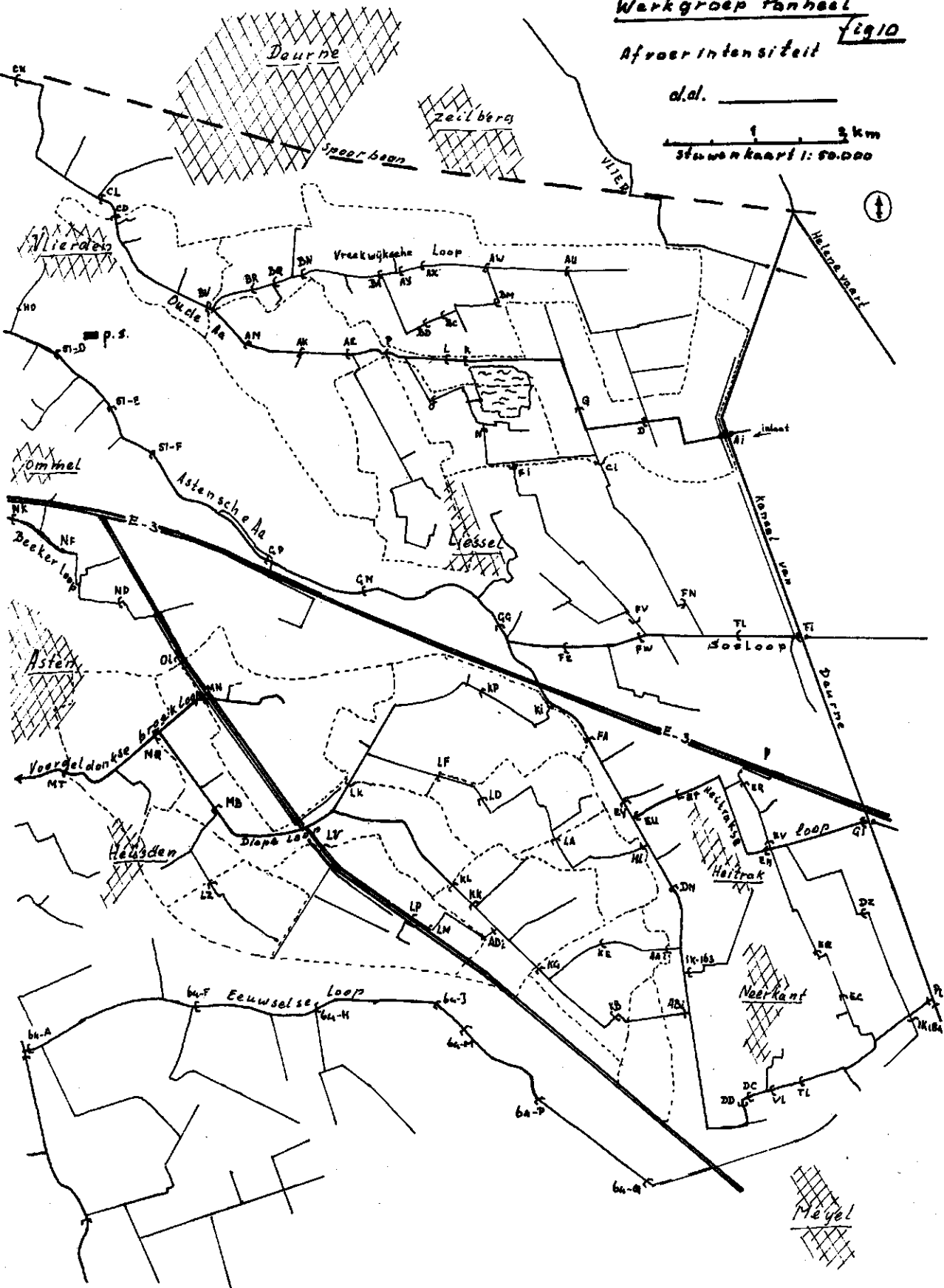
- water loop
- - - - - grens proetgebied
- - - - - peetrand breuk
- sluwend met infiltratie op meerdere data
- - - - - sluwend met infiltratie op enkele data
- +2.2 kwel-waarde per vierkant 100 mm/000
- lijn van negatieve kwel van 3 mm/dag
- grondwater onttrekking

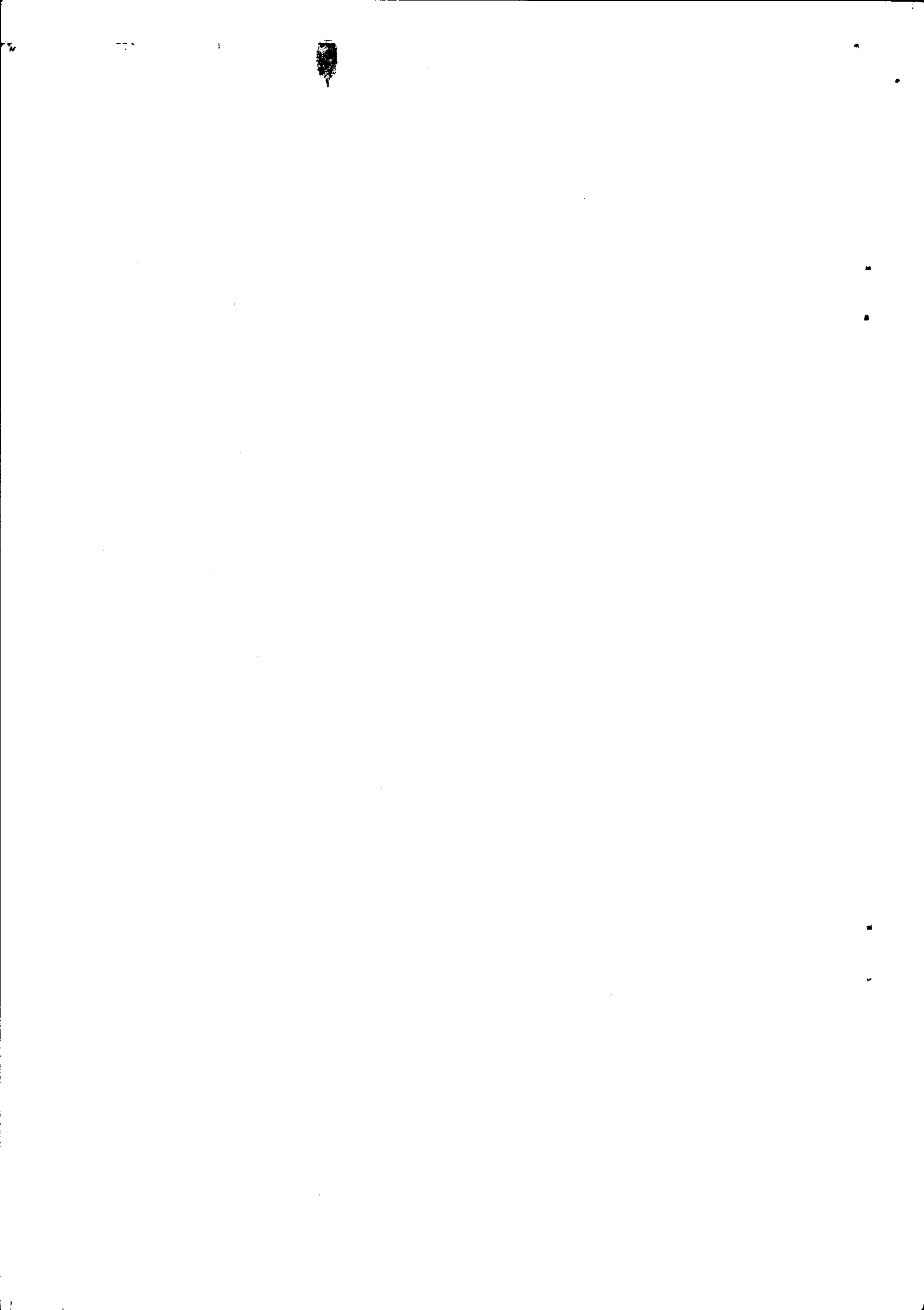
1 km.

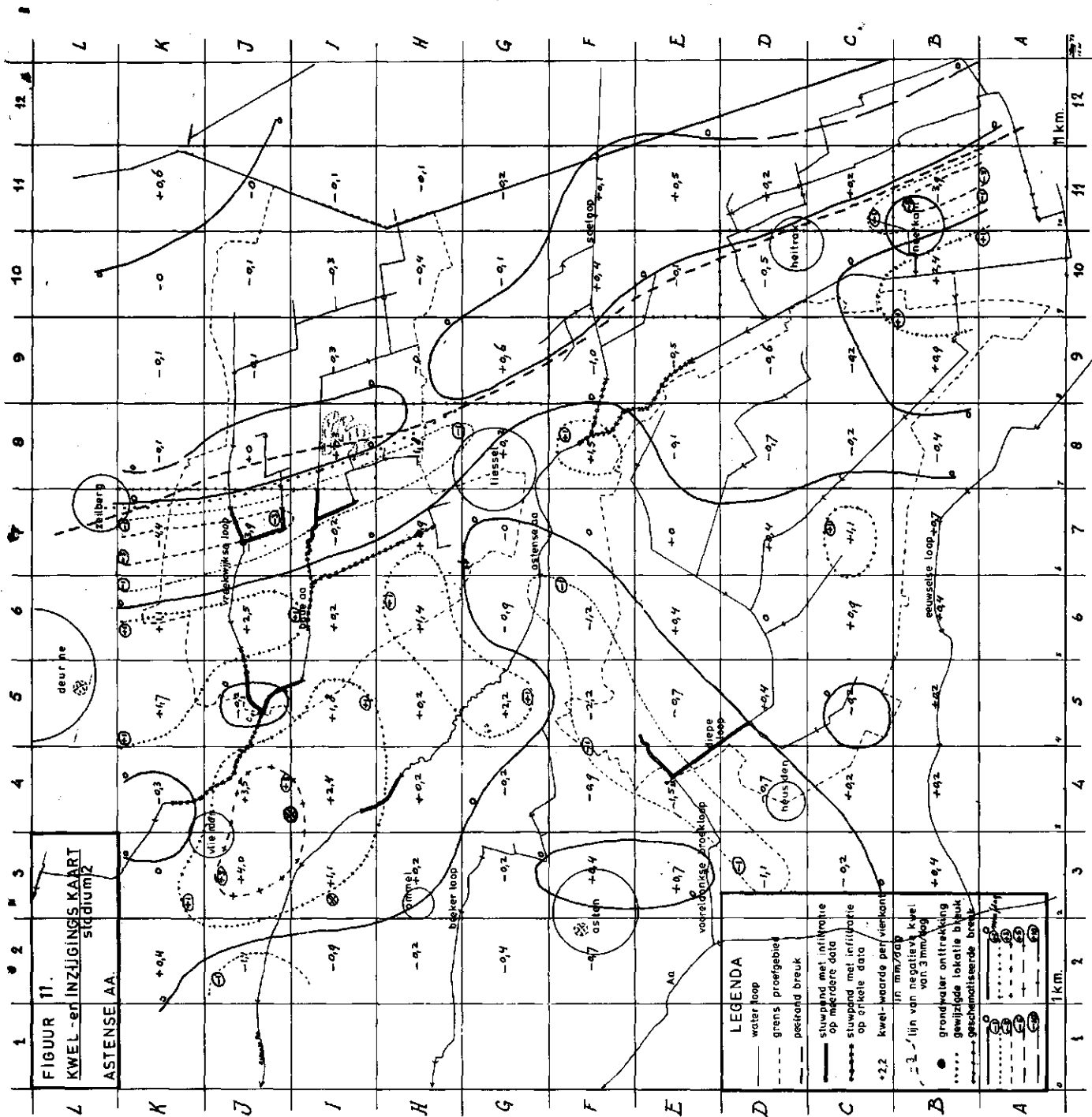
Werkgroep Panheel
Afroerintensiteit **1910**

d.d. _____

1 2 km
 Stroomkaart 1: 50.000







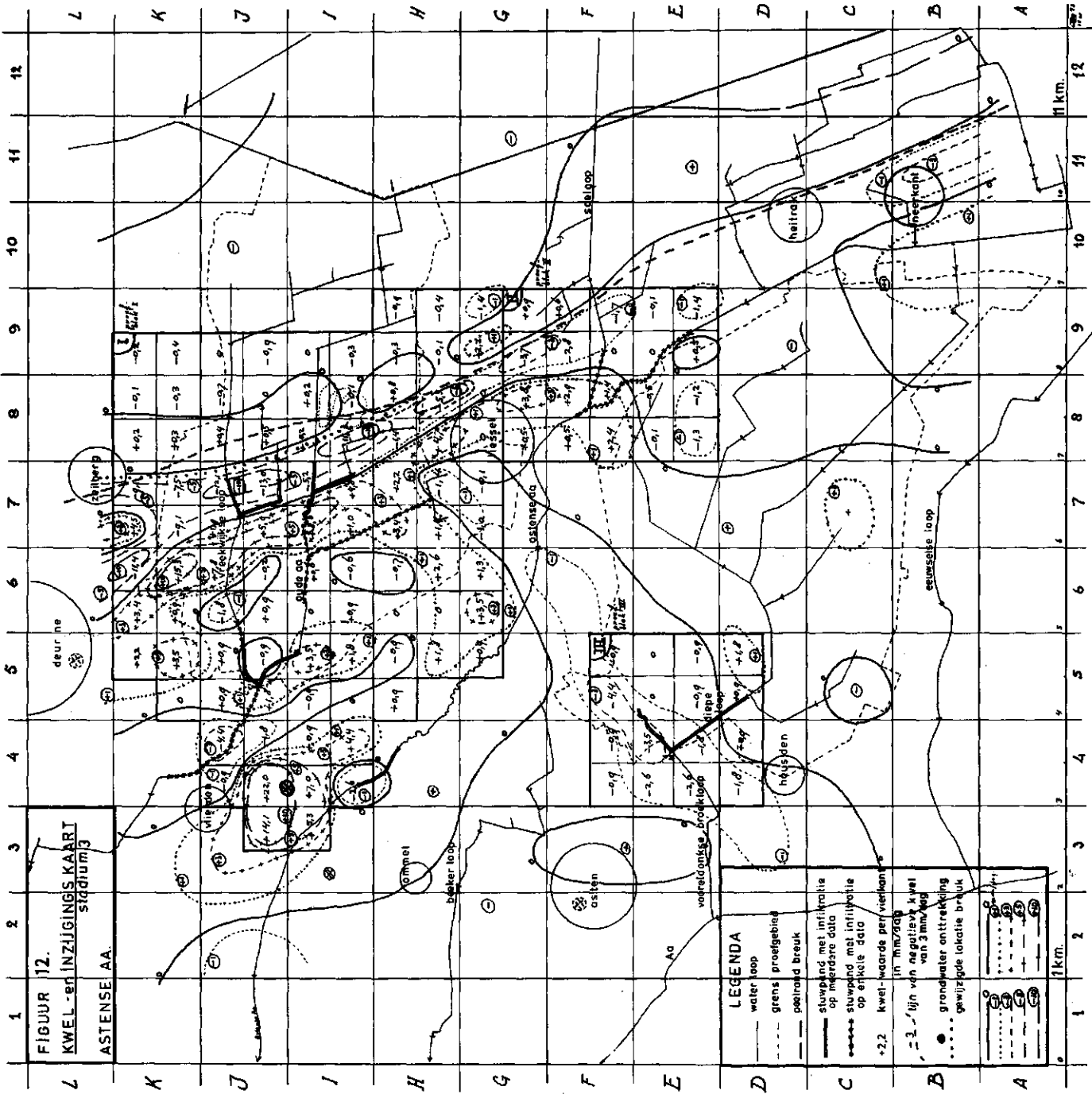
FIGUUR 11.
KWEL- en INZIJGINGS KAART
ASTENSE AA.

LEGENDA

- water loop
- grens proefgebied
- peetrand breuk
- stuwpland met infiltratie op meerdere data
- stuwpland met infiltratie op enkele data
- +2.2 kwel-waarde per vierkant in mm/daag
- 3 — lijn van negatieve kwel van 3mm/daag
- grondwater onttrekking
- gewijzigde lokale breuk
- geschiedeneerde breuk

1 km.

FIGUUR 12.
 KWEL- en INZIJGINGS KAART
 stadium 3
 ASTENSE AA.



LEGENDA

- water loop
- - - grens proefgebied
- poelrand breuk
- stuwpland met infiltratie op meerdere data
- stuwpland met infiltratie op enkele data
- +2.2 kwel-waarde per vierkant m in mm/daag
- 3- lijn van negatieve kwel van 3 mm/daag
- grondwater onttrekking
- gewijzigde lokatie breuk

